

Observaciones Meteorológicas con Radar

Presentaciones, enfoque y
objetivos del curso

Temario

1. Motivación
2. Observaciones in-situ vs de precepción remota
3. Plataformas usadas comúnmente: fijas, móviles y de satélite
4. Funcionamiento del radar meteorológico
5. Relación entre reflectividad e intensidad de lluvia
6. Coordenadas, geometría y variaciones del haz de radar
7. Productos de radar
8. Técnicas de análisis de datos
9. Usos comunes del radar: acumulación de lluvia y rastreo de sistemas
10. Dimensión vertical de reflectividad y velocidad radial: información microfísica y dinámica
11. Fenómenos meteorológicos en radar
12. Usos especializados de los datos de radar
13. Usos del radar en modelos y predicciones
14. Ejercicio práctico de obtención, visualización e interpretación

1. Motivación

- Una amplia gama de mediciones son posibles con radar
- La precipitación es la mas básica y tal vez la mas importante

Escala local – precipitación instantánea (~22 UTC 10 Feb 2009)

Radar de Oklahoma City (KTLX)

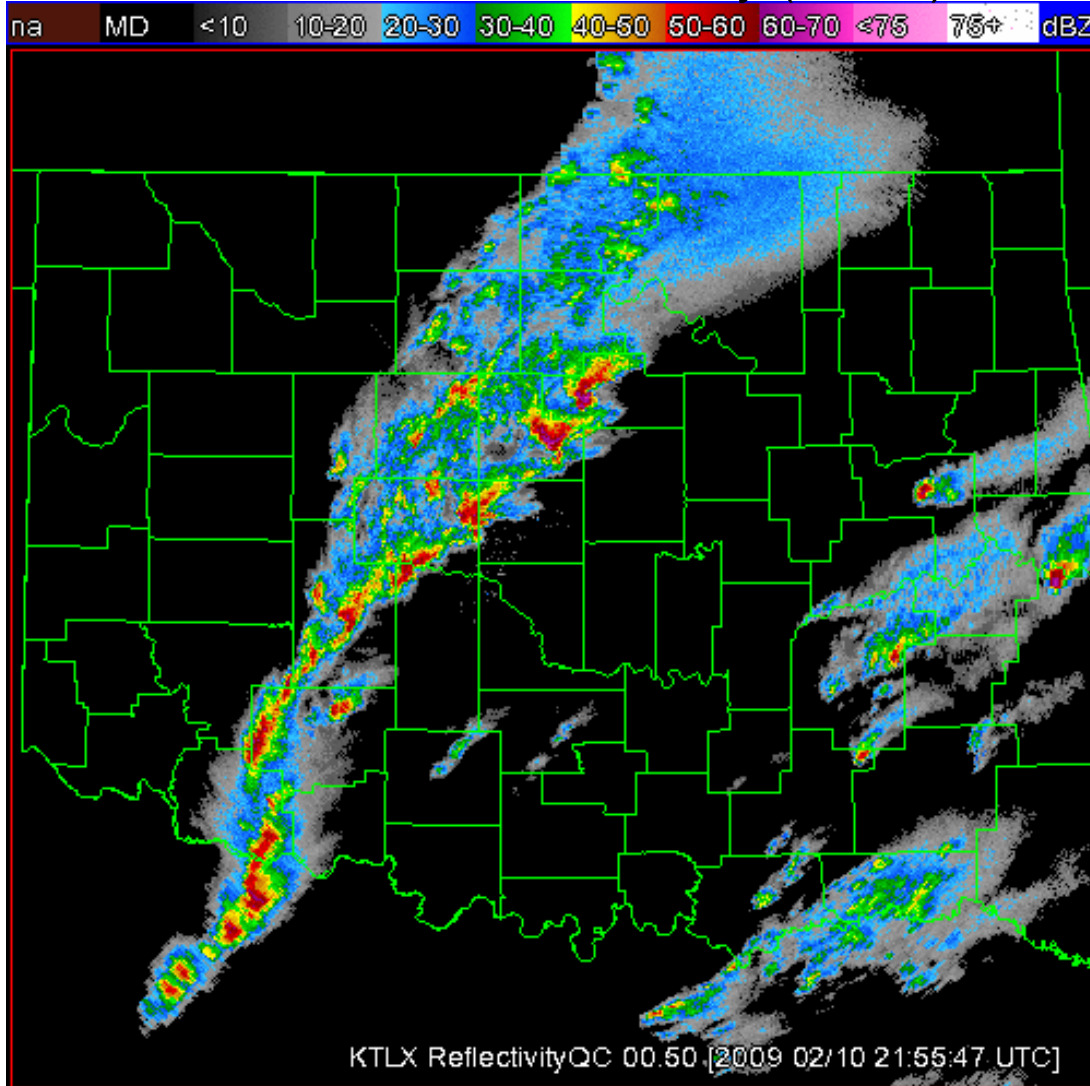
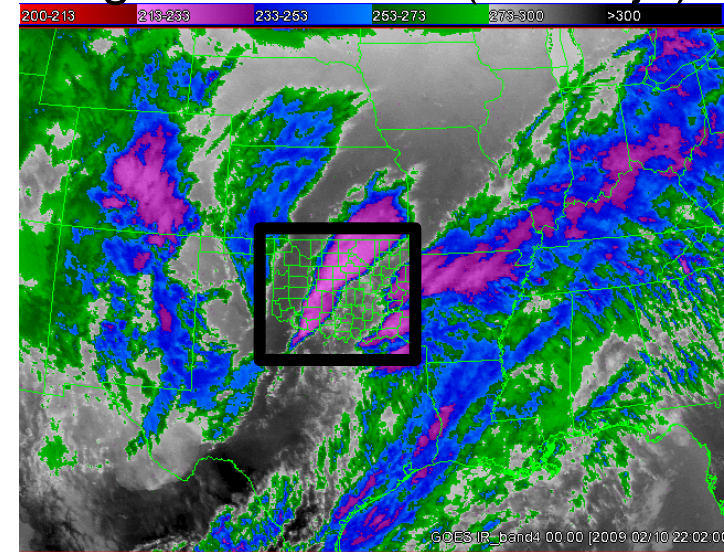


Imagen de satélite (infrarojo)



Fuente: CASA

Escala regional – medias mensuales

Precipitación en jul-ago 2004 (usando 3 radares)

The three radars are:

1. S-Pol – 23.9290 N, 106.9521 W, 20 m MSL
2. Cabo – 22.8971 N, 109.9272 W, 281 m MSL
3. Guasave – 25.5676 N, 108.4633 W, 85 m MSL

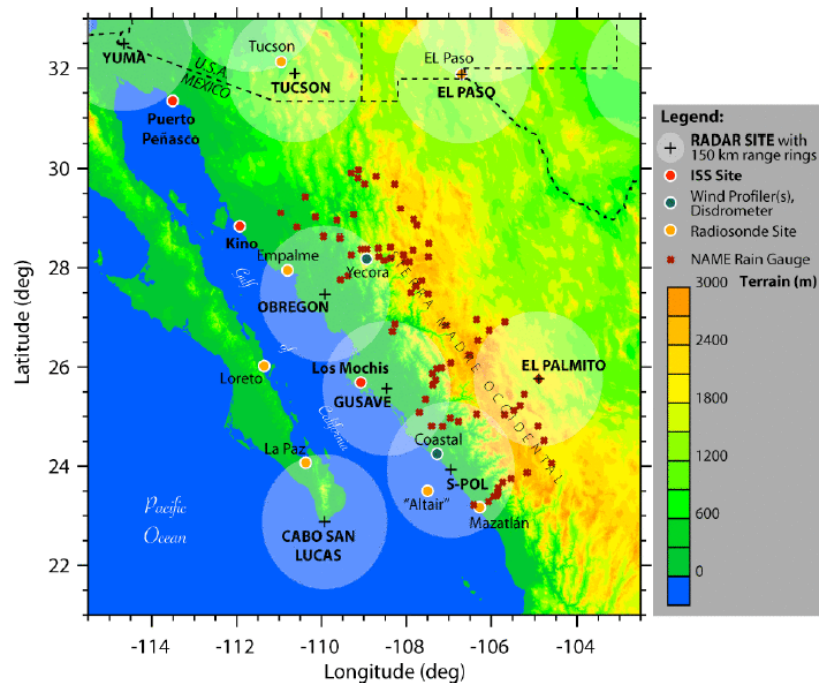
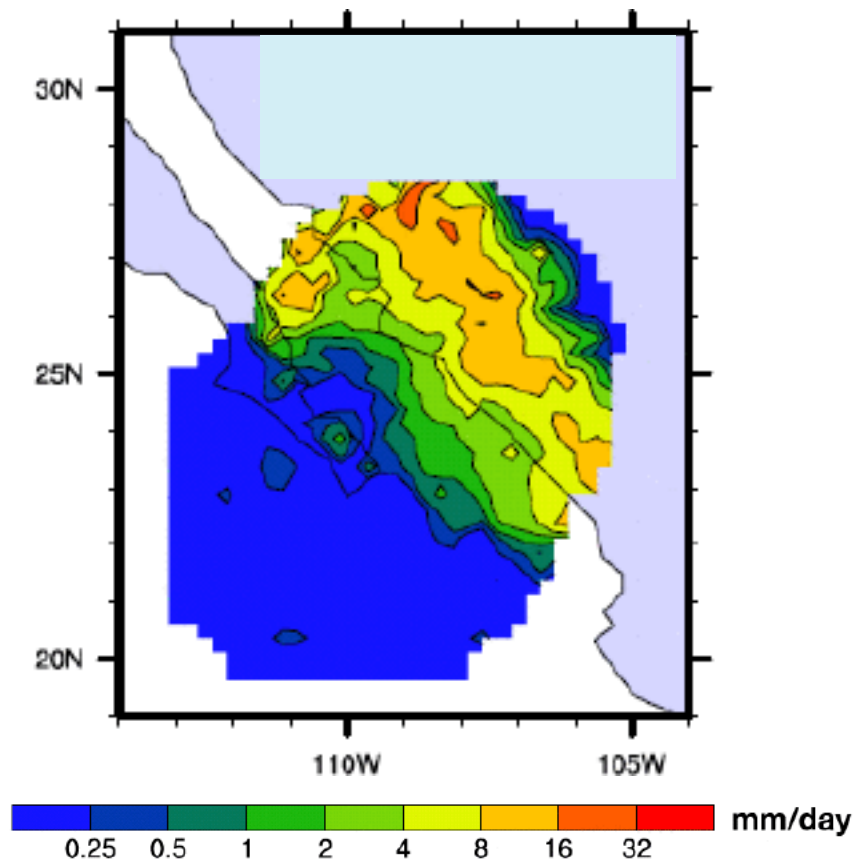


Figure 1. Locations of radars and other instrument sites during NAME 2004. Plot courtesy of NAME community.



Escala regional – medias mensuales

Frecuencia de precipitación en may-oct 2006
(usando ~150 radares)

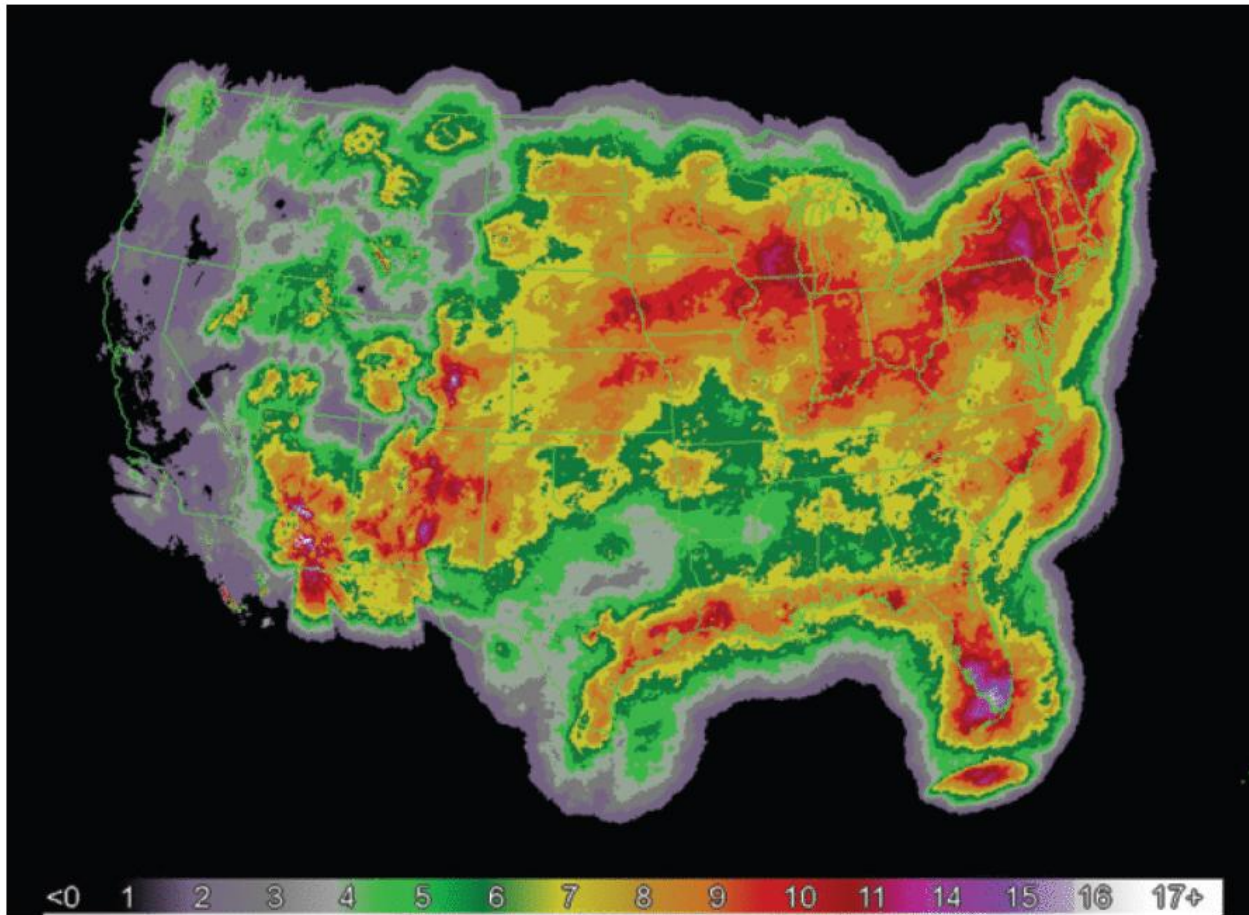
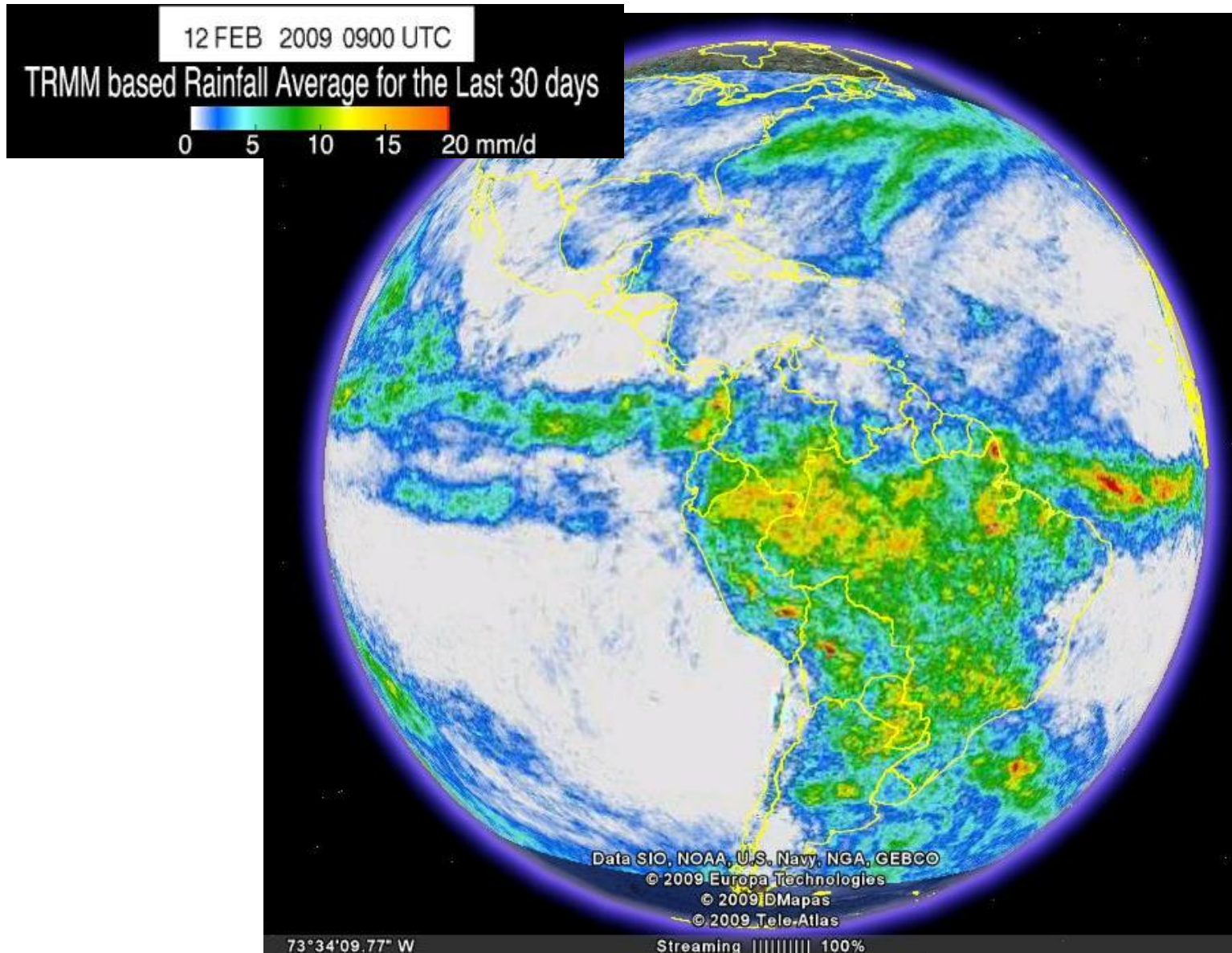


FIG. 9. Radar reflectivity climatology for the CONUS depicting the percent of time that a 1×1 km pixel contained reflectivity greater 0 dBZ for the period 0000 UTC 14 May 2006 to 2000 UTC 12 Oct 2006. The 43,279 images

Escala global – medias mensuales

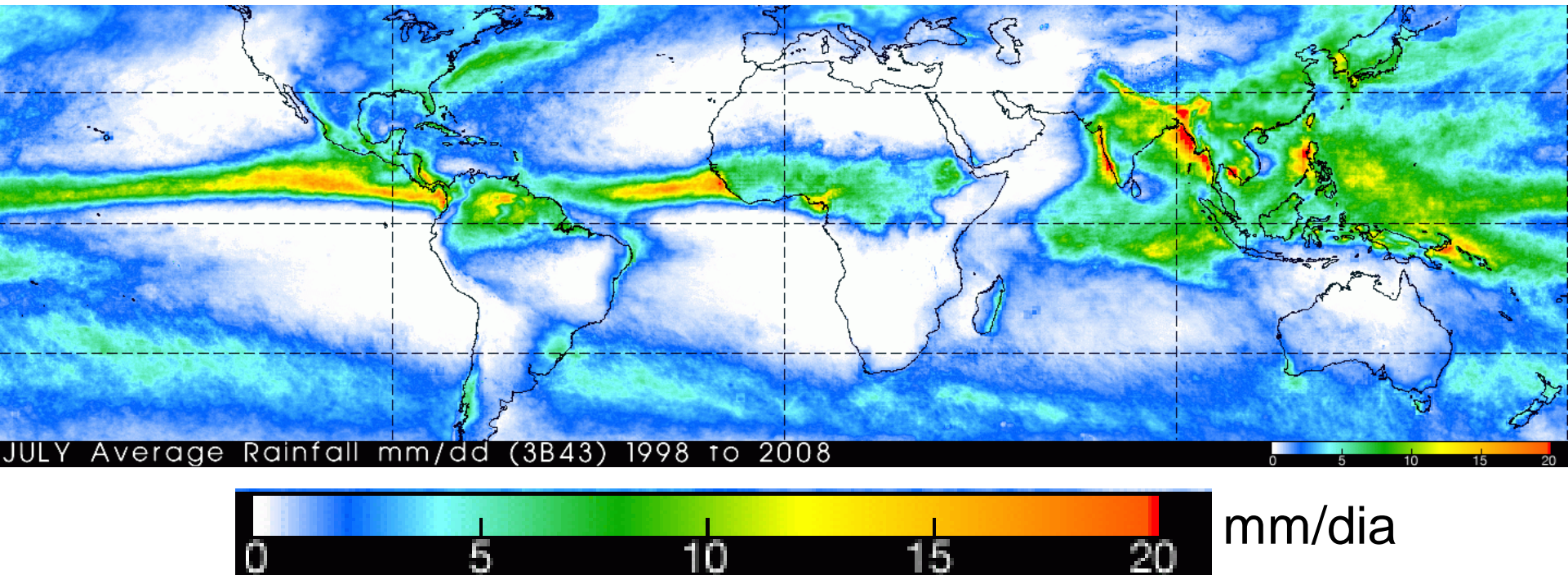
Precipitación en ene-feb 2009 (basada en TRMM)



Fuente: NASA

Escala global – climatología

Precipitación media en jul:1998-2008 (usando TRMM)



2. Observaciones in-situ vs de precepción remota

In-situ

- Requieren estar en **contacto físico** con la parte de la atmosfera a observar
- E.g., termómetros, anemómetros, estaciones de superficie

Precepcion remota

- No requieren contacto físico, la medición depende de la **interacción entre ondas y un medio**
- Normalmente permiten hacer mediciones en mas de una dimensión (espacial o temporal)
- E.g., las mediciones atmosféricas que se hacen desde un satélite

Tipos de instrumentos de precepción remota

Pasivos

- Consisten de un **sensor** que detecta la radiación natural que es emitida o reflejada por un objeto (o sus alrededores)
- Normalmente usan la radiación solar reflejada
- E.g., mediciones de satélite geoestacionario en el canal visible

Activos

- Consisten de un **transmisor** y un **receptor**
- Usan radiación antropogénica
- Emiten radiación que es dispersada o reflejada por un blanco y después detectada por el instrumento

Instrumentos de precepción remota

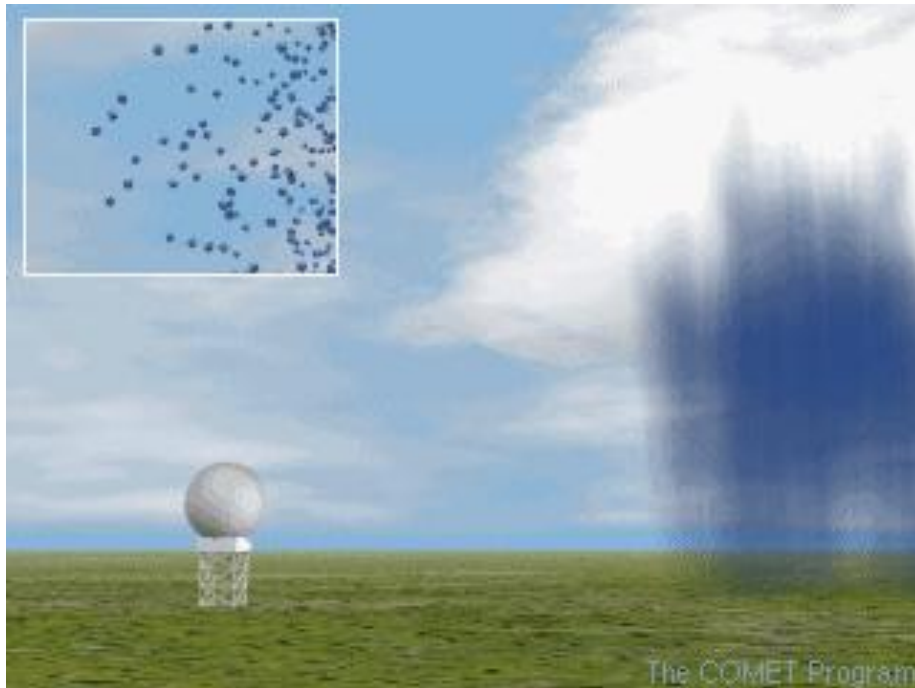
- De acuerdo al tipo de ondas que usan se clasifican como: ópticos, acústicos o de ondas de radio
- El radar es un instrumento de percepción remota que emite y detecta ondas de radio

Definición

- RADAR = RAdio Detecting And Ranging
- Detección y medición a distancia a través de ondas de radio

Definición

- RADAR = RAdio Detecting And Ranging
- Detección y medición a distancia a través de ondas de radio



Fuente: Página de internet
de COMET (meted.ucar.edu)

3. Plataformas usadas comúnmente

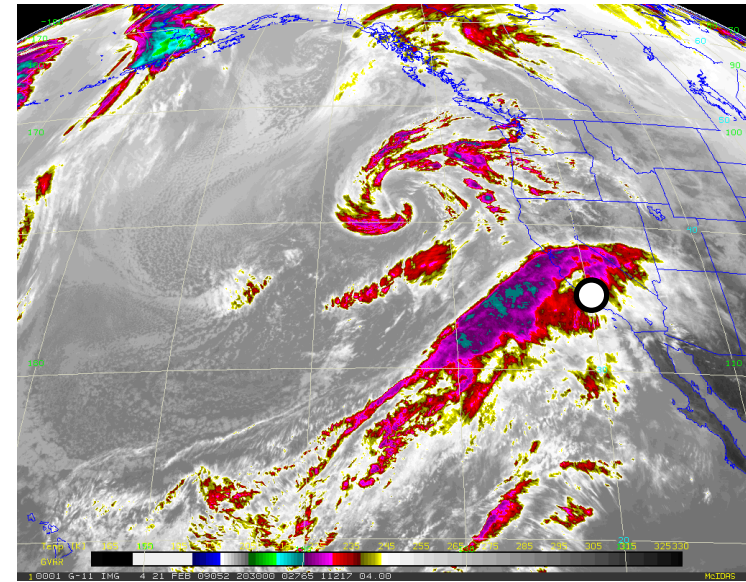
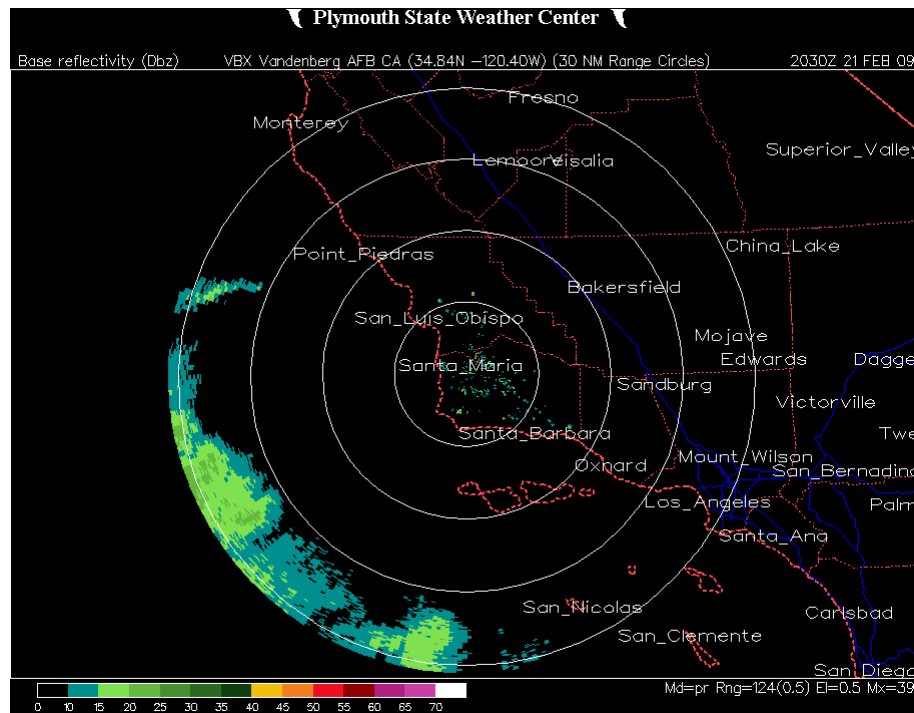
A. Fija

B. Móvil

C. De satélite

A. Plataforma Fija

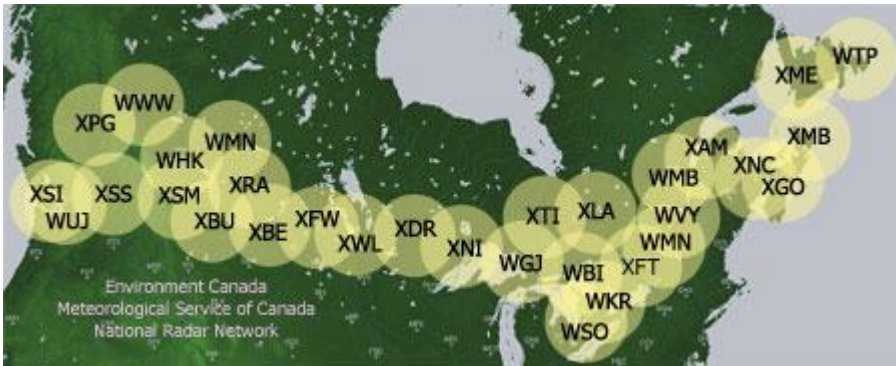
- Provee observaciones cuando un sistema de precipitación pasa dentro del radio de medición del radar



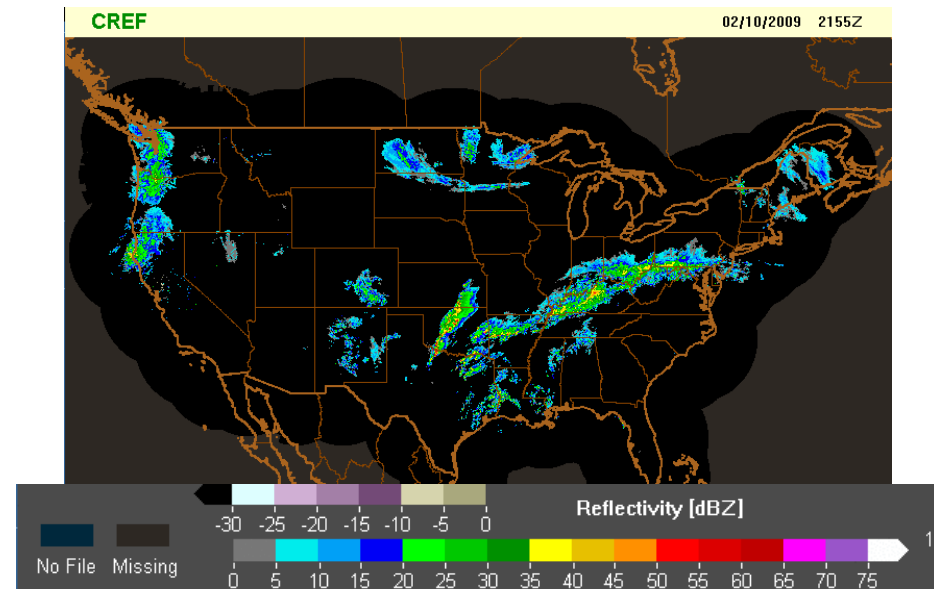
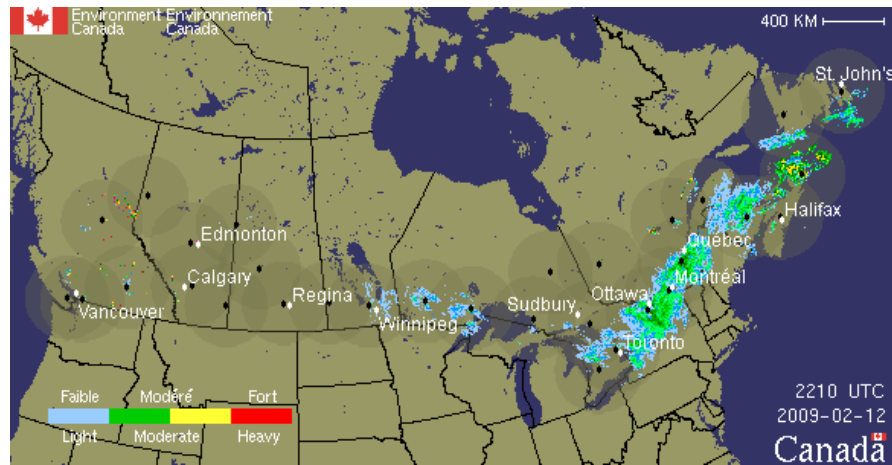
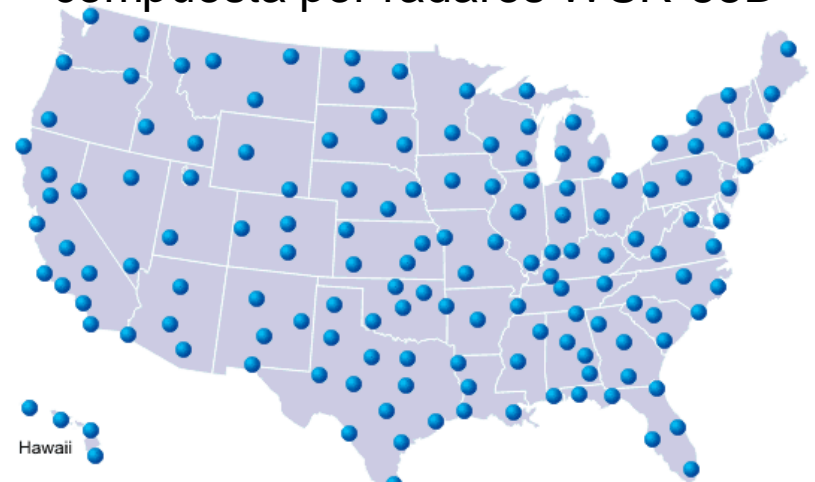
- Se usa individualmente o como parte de una red

Ejemplos de radares fijos en redes nacionales

Red Canadiense
compuesta por radares WSR-98



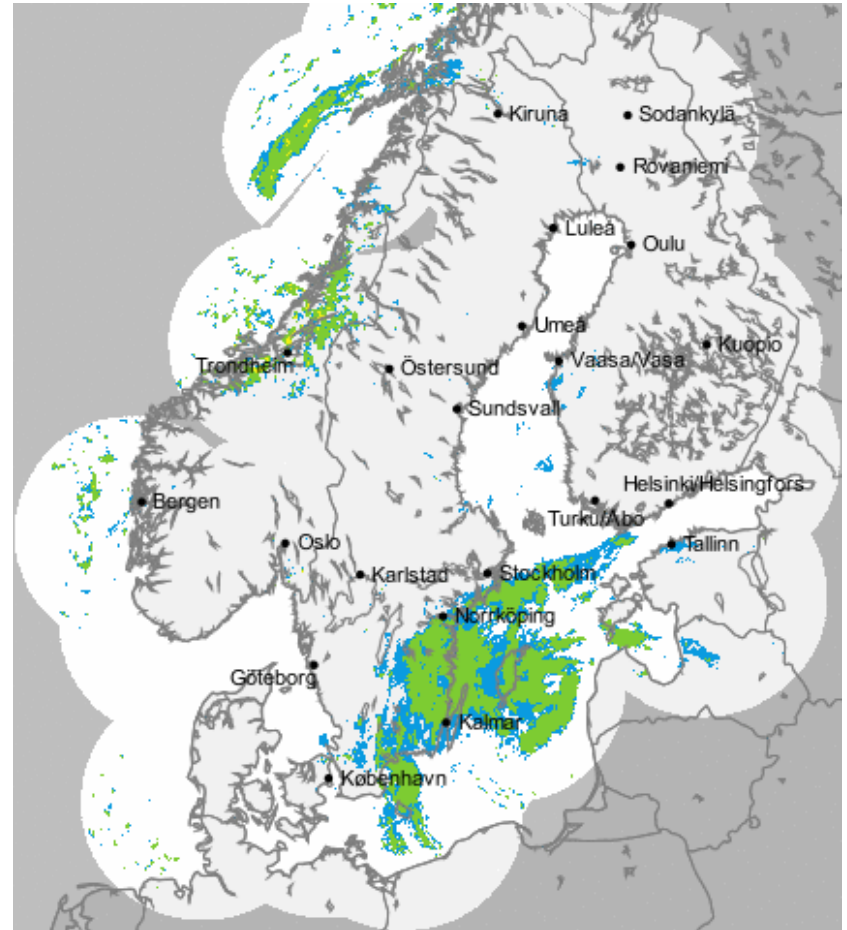
Red Estadounidense: NEXRAD
compuesta por radares WSR-88D



Ejemplos de radares fijos en redes multinacionales

Red del Mar Báltico: BALTRAD (radares de banda C)

Países: Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca, Alemania y Polonia



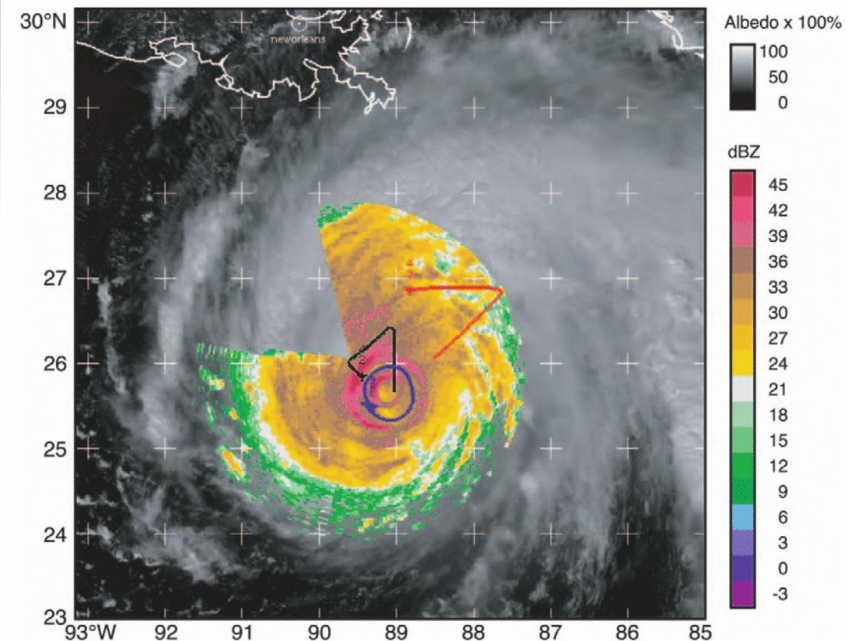
B. Plataforma móvil

- El radar es instalado en un vehículo, un barco o un avión para poder seguir el movimiento de los sistemas de precipitación
- Dos ejemplos:



Fuente: VORTEX

Huracán Rita acercándose a la costa de Nuevo Orleans (~1830 UTC 22 Sep 2005). Imagen satélite (visible) y reflectividad obtenida con radares instalados en tres aviones “caza-huracanes”.



Fuente: Houze et al. (2006)

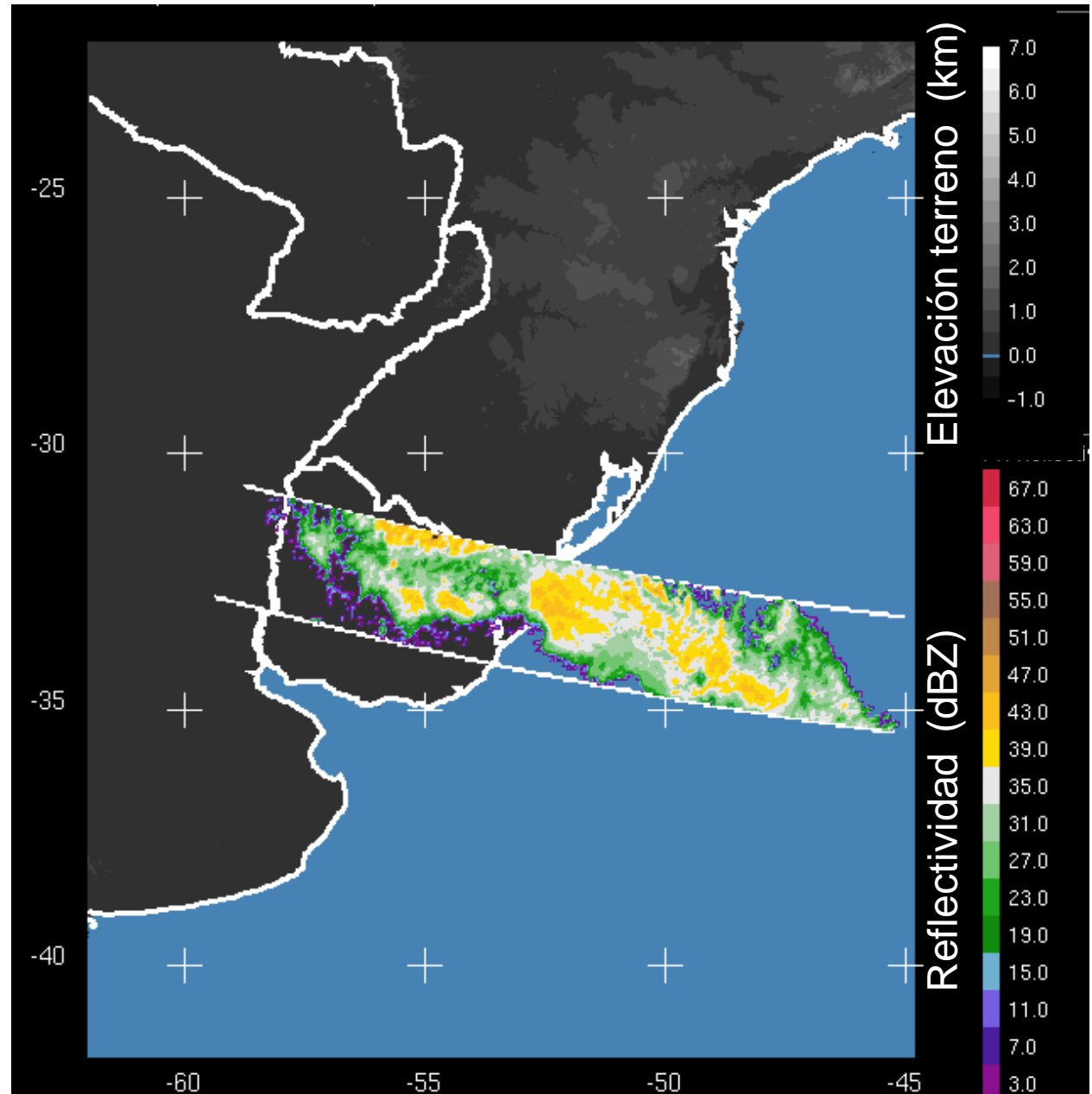
C. Plataforma de satélite



- En noviembre de 1997 fue lanzado el primer radar de precipitación en el espacio exterior
- Es parte del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission): TRMM PR (Precipitation Radar)
- Da información sobre la precipitación en los trópicos con gran resolución espacial (250 m en la vertical, 5 km x 5 km en la horizontal)
- La misma región es visitada de media a 2 veces al día, dependiendo de la latitud
- Sigue una órbita circular a ~400 km sobre la tierra con una inclinación de 35°

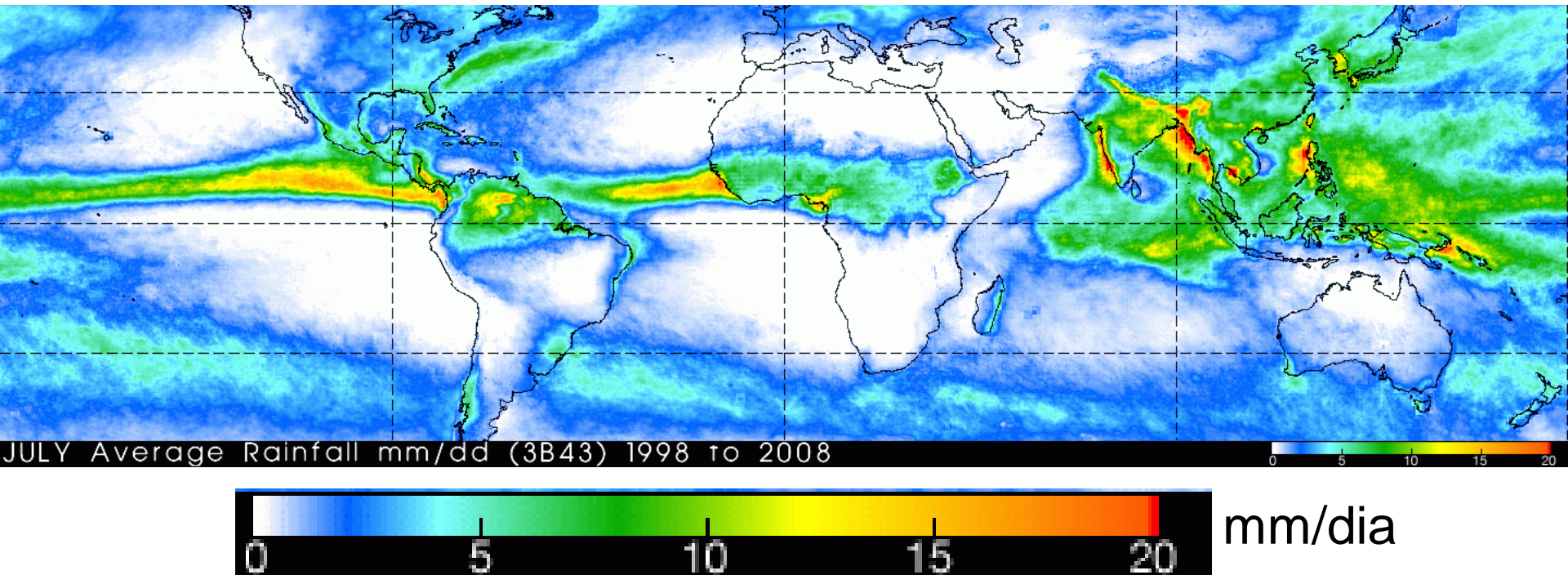
Información sobre la precipitación en regiones aisladas, e. g., sobre los océanos

Sistema de precipitación
sobre Uruguay y aguas
adyacentes (~18 UTC 22
abr 2004)



Climatología de precipitación estimada usando datos de TRMM combinados con datos de satélite geoestacionarios (canal infrarrojo) y con datos de estaciones en superficie

Precipitación media en jul:1998-2008



Fuente: NASA

4. Funcionamiento del radar meteorológico

- Cronología
- Partes Básicas
- Radiación electromagnética
- Determinación de la localización de un blanco
- Determinación de la intensidad de un blanco (ecuación del radar y dispersión producida por una partícula esférica)
- Unidades
- Ejemplos

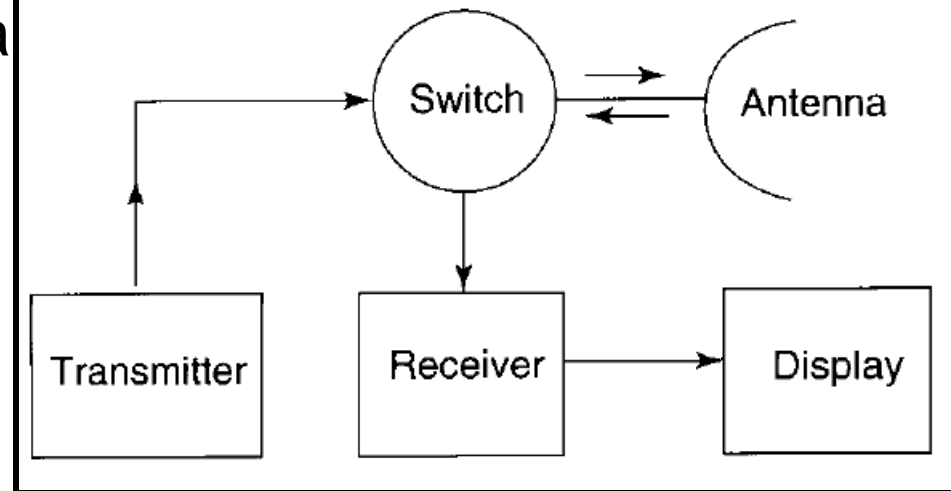
Cronología

- 1900: Telsa sugirió que las ondas eléctricas podrían ser usadas para determinar la posición de un objeto
- Década de 1920: Científicos ingleses y americanos usan ondas de radio para obtener información sobre las capas superiores de la atmosfera
- Década de 1930: Los conflictos globales y la amenaza de los aviones militares impulsaron el desarrollo del radar para detectar y localizar aviones (se desarrollaron en Inglaterra, Estados Unidos, Alemania, Italia, Japón, Francia, Holanda, Hungría, etc)
- Década de 1940: Notan que la detección de aviones es afectada por la precipitación
- Al terminar la segunda guerra mundial, los equipos militares de radar pudieron ser usados por investigadores interesados en estudiar tormentas y precipitación → radar de precipitación

Partes básicas del radar

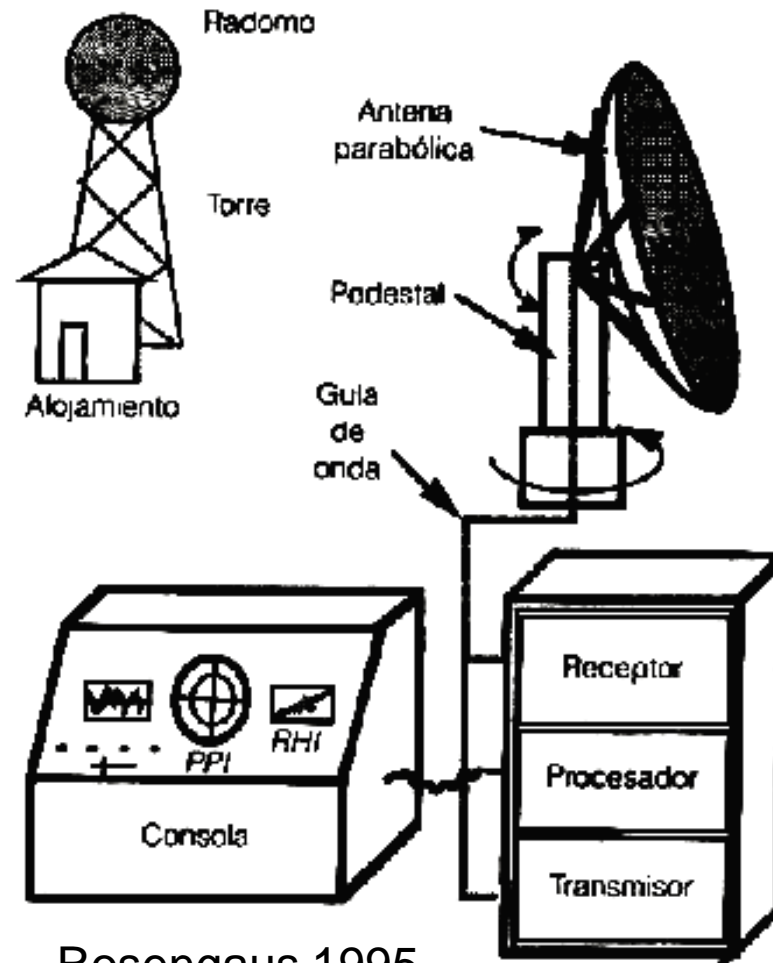
- Transmisor – produce pulsos de alta frecuencia ($\sim 10^5 - 10^6$ W)
- Receptor – detecta y amplifica las señales recibidas ($\sim 10^{-10}$ W)
- Antena – irradia y recibe señales en una dirección específica
- Consola – controla la antena y despliega la información

• Esquema simple



Yuter 2003

Esquema mas detallado de las partes básicas del radar



Rosengaus 1995

Ejemplos

- Radar fijo en Norman, OK (NSSL, NOAA)
- Radar móvil (NCAR S-Pol)



Fuente: NSSL

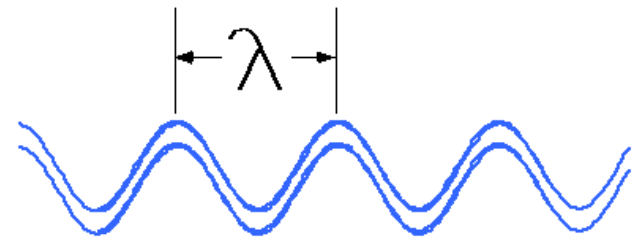
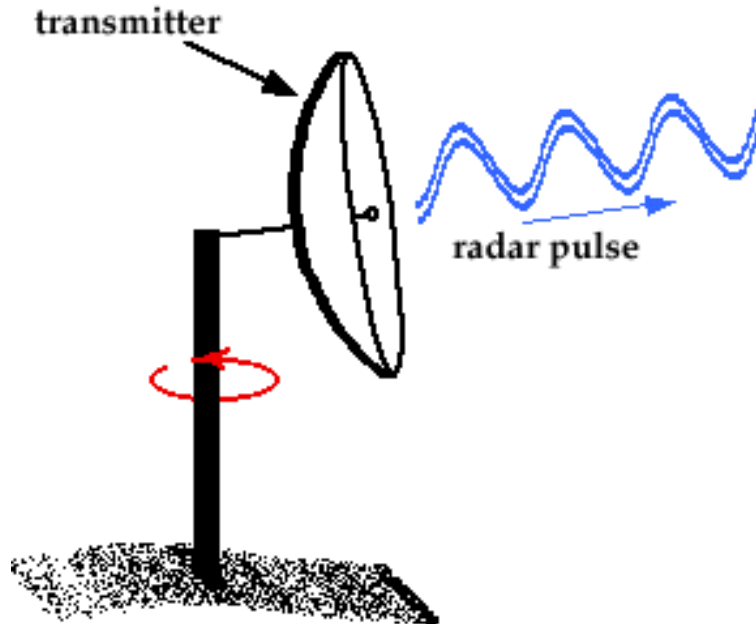


Fuente: Brad Smull

Interacción de ondas electromagnéticas con un blanco

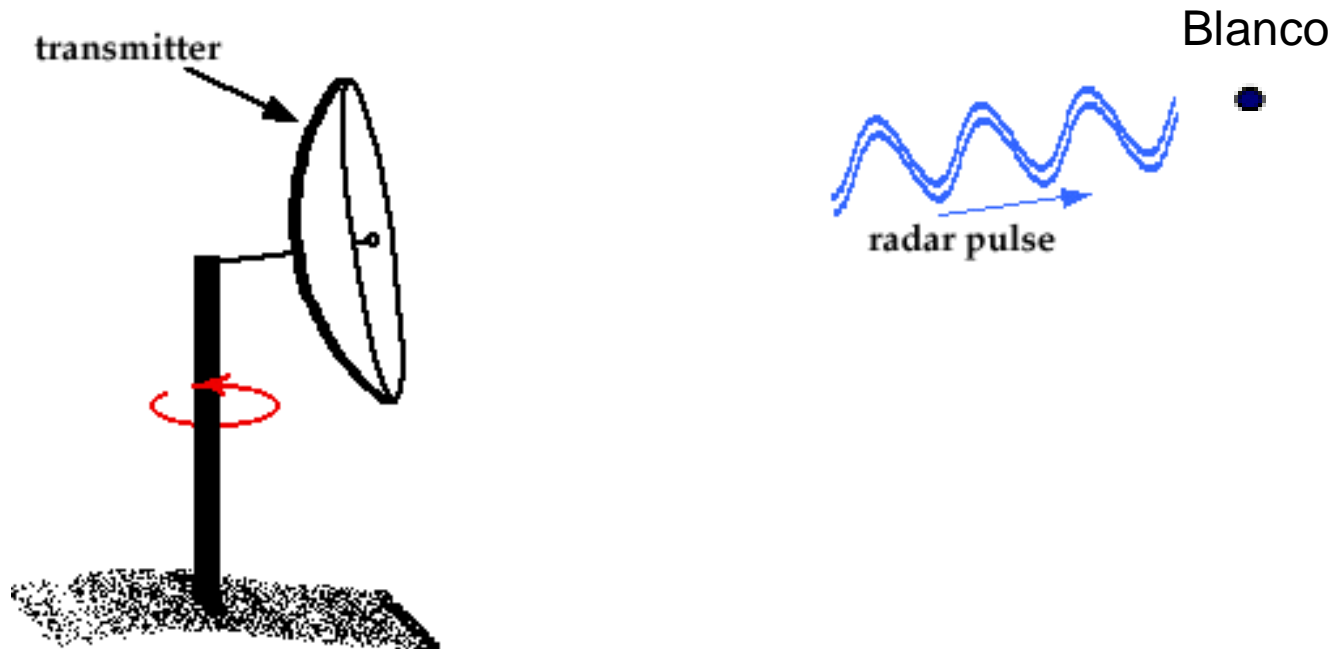
El radar crea un pulso de energía electromagnética que es enfocado por una antena y **transmitido** a través de la atmósfera.

La longitud de onda de la energía emitida es λ



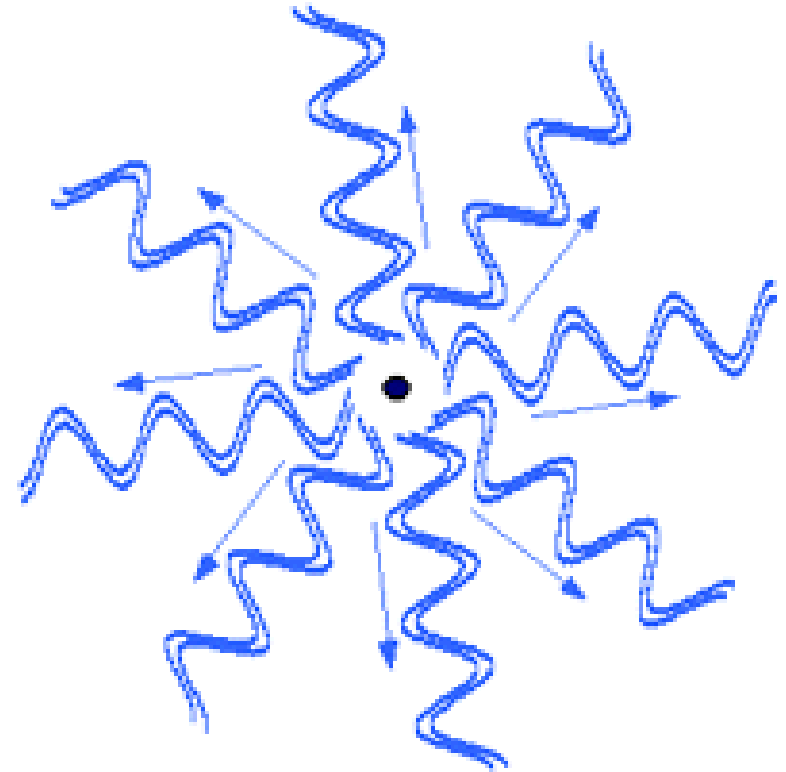
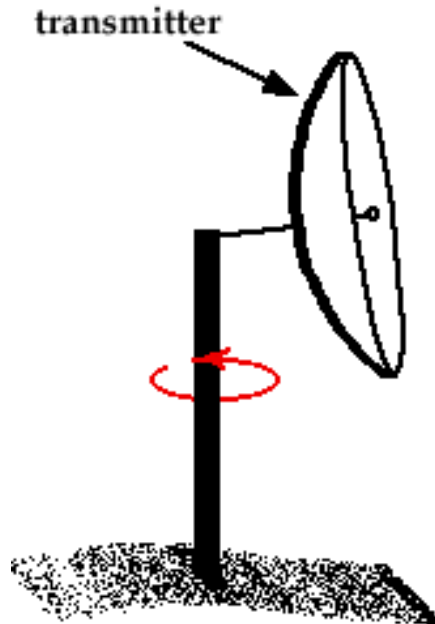
Interacción de ondas electromagnéticas con un blanco

Objetos en la trayectoria del pulso electromagnético, llamados **blancos**, van a dispersar la energía



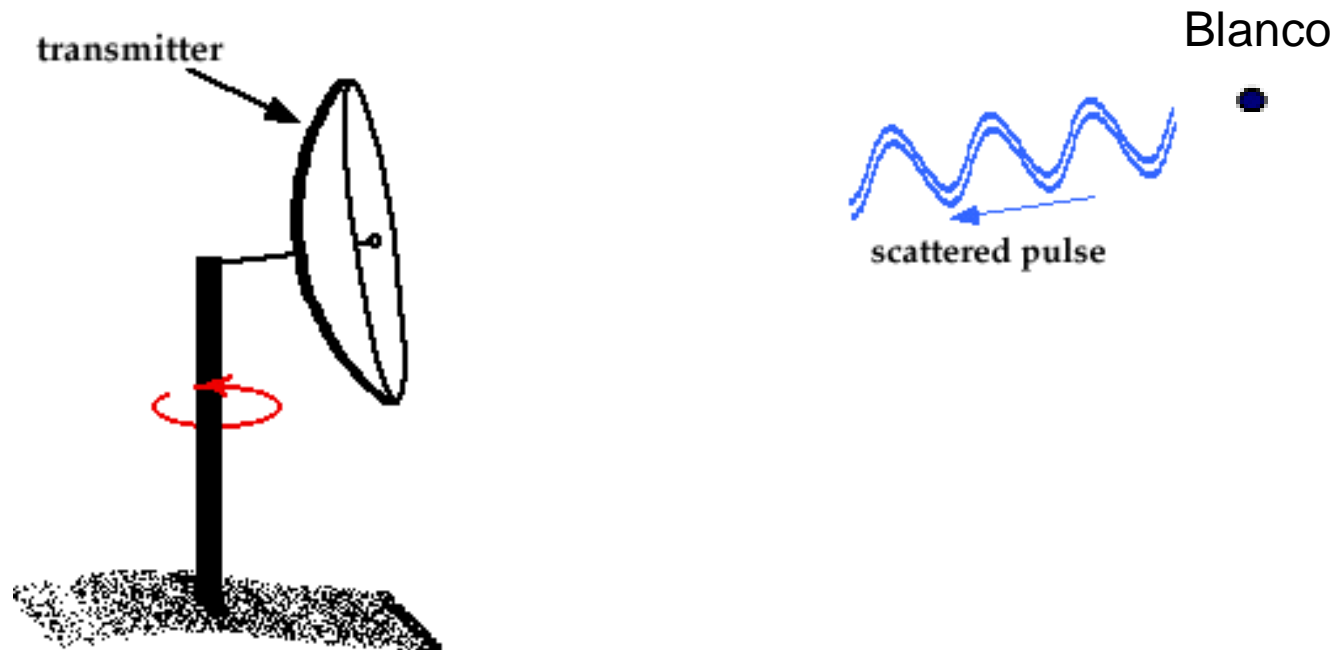
Interacción de ondas electromagnéticas con un blanco

La energía es **dispersada** en todas las direcciones



Interacción de ondas electromagnéticas con un blanco

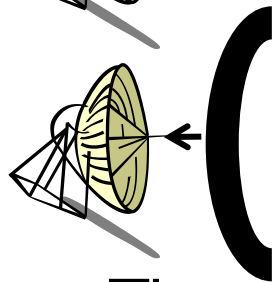
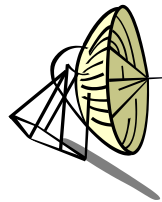
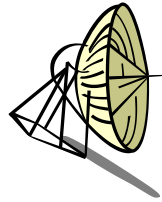
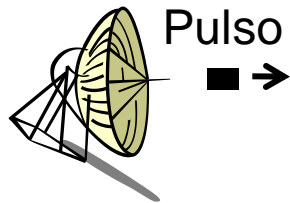
Nos interesa la parte de la energía que es dispersada en la dirección del transmisor, es decir, la energía **retrodispersada**



El radar da informacion sobre blancos meteorologicos (e.g., tormentas),
especificamente sobre:

- Su localizacion
- Su intensidad

¿Como determina el radar donde esta el blanco?



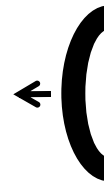
t_1

Un radar emite un pulso corto y la mayoría del tiempo “escucha”

Pulso



t_2



t_3



t_4

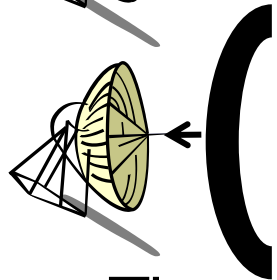
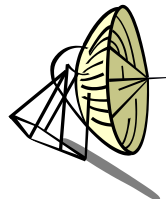
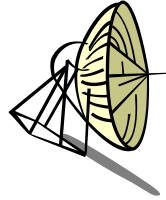
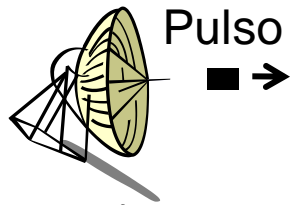
Tiempo entre transmisión y recepción (Δt) = $t_4 - t_1$

Distancia total (d) = $c \Delta t$; c = velocidad de la luz

Distancia al blanco \equiv alcance (r) = $c \Delta t / 2$

¿Como determina el radar donde esta el blanco?

Usando los tiempos de emisión y recepción



t_1

Un radar emite un pulso corto y la mayoría del tiempo "escucha"

Pulso



t_2



t_3



t_4

Tiempo entre transmisión y recepción (Δt) = $t_4 - t_1$

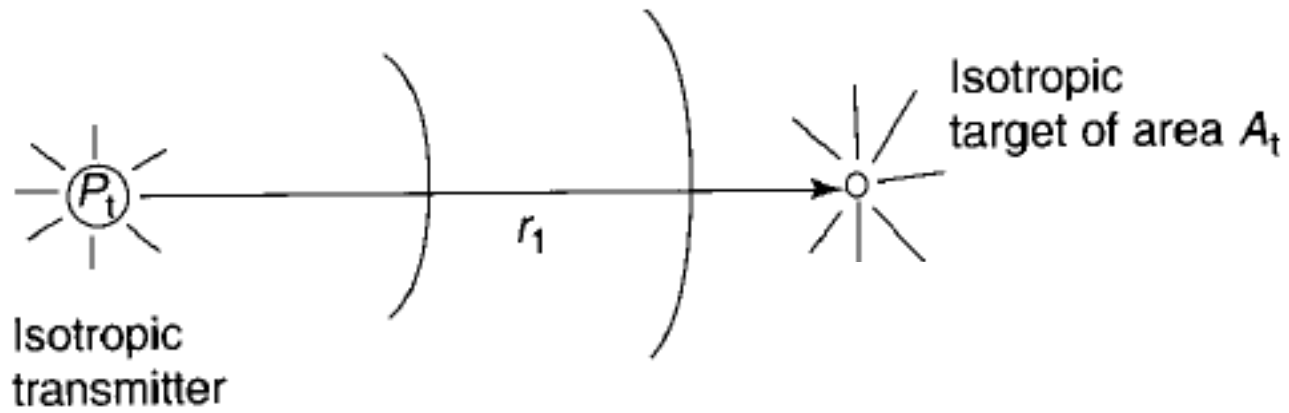
Distancia total (d) = $c \Delta t$; c = velocidad de la luz

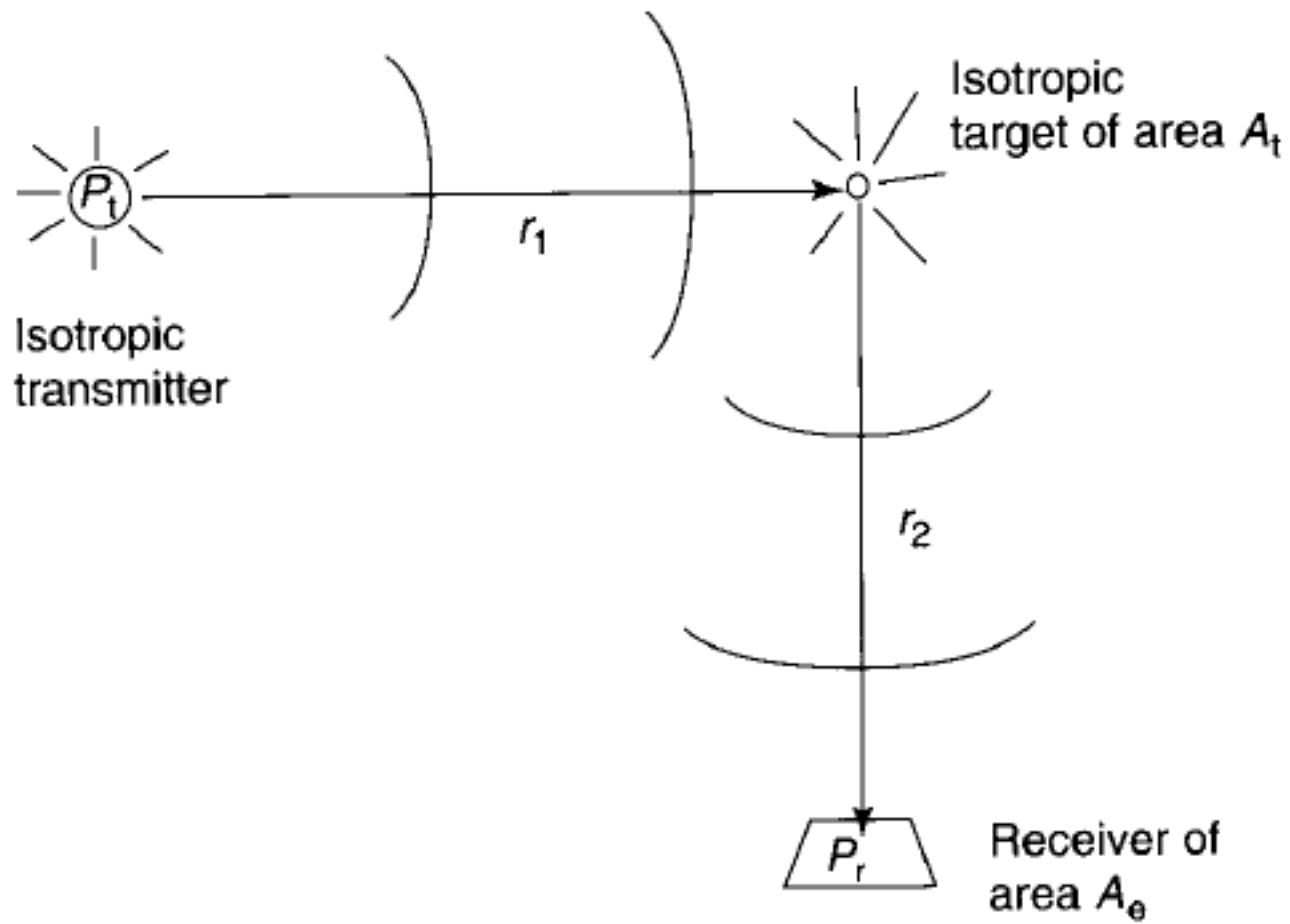
Distancia al blanco \equiv alcance (r) = $c \Delta t / 2$

¿Como determina el radar la intensidad del blanco (meteorológico)?

Primero necesitamos la relación entre la potencia transmitida por el radar (P_t) y la potencia retrodispersada por un blanco (hacia el radar) (P_r)

→ Ecuación de radar



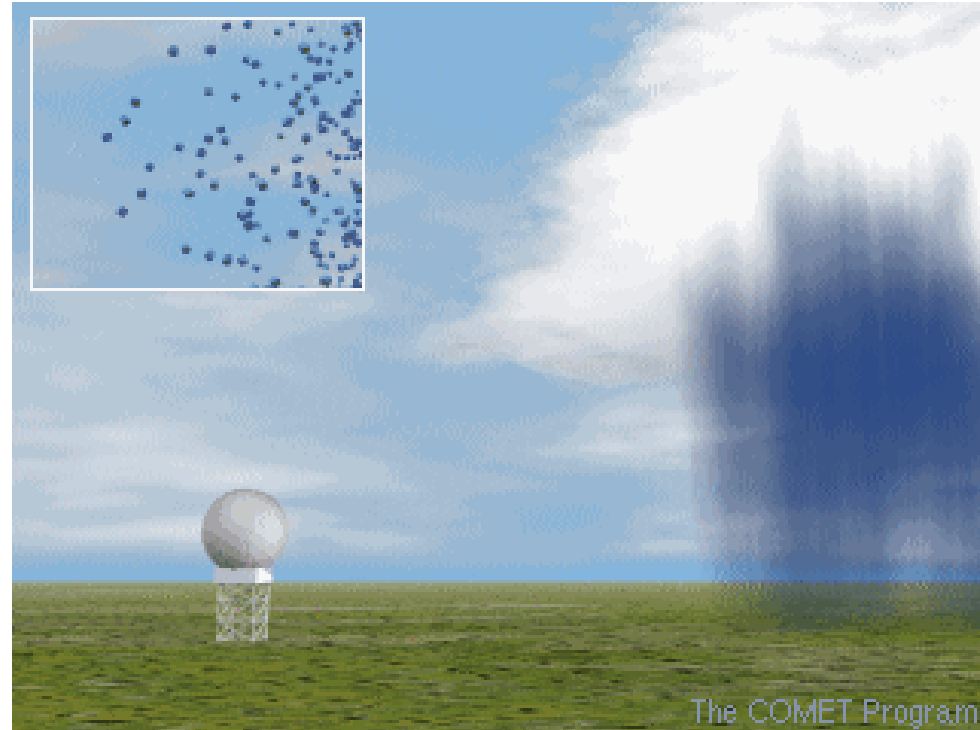


- Vimos que la radiación detectada por el radar depende de la sección transversal retrodispersada (σ)

- ¿Como se relaciona σ con las características del blanco meteorológico, es decir con la precipitación?

- Consideremos una sistema de precipitación formado por gotas de lluvia

- NOTAS



Fuente: Página de internet
de COMET (meted.ucar.edu)

